



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

"Енергетика і автоматика"

Електронне наукове фахове видання

№2 (20), 2014

ISSN: 2223-0858

Галузь науки: технічні науки, внесено до переліку електронних наукових фахових видань України (Постанова президії ВАК України від 10.02.2010 р. № 2-05/1)

Засновник: Національний університет біоресурсів і природокористування України

Головний редактор: Мельничук Дмитро Олексійович, доктор біологічних наук, академік НАН України та НААН України

Заступники головного

редактора: Берека О.М., доктор технічних наук; Іванчук В.І.; Козирський В.В., доктор технічних наук; Мельничук М.Д., доктор біологічних наук, академік НААН України

Члени редколегії: Василенко В.В., д-р техн. наук; Гай О.В., канд. техн. наук; Горобець В.Г., д-р техн. наук; Драганов Б.Х., д-р техн. наук; Дубровін В.О., д-р техн. наук; Жильцов А.В., д-р техн. наук; Зорін В.В., д-р техн. наук; Іноземцев Г.Б., д-р техн. наук; Каплун В.В., д-р техн. наук; Кондратенко І.П., д-р техн. наук; Котов Б.І., д-р техн. наук; Лисенко В.П., канд. техн. наук; Лут М.Т., канд. техн. наук; Лях В.В.; Межений С.Я., канд. техн. наук; Мішин В.І., д-р техн. наук; Міщенко А.В., канд. техн. наук; Овчаров В.В., д-р техн. наук; Радько І.П., канд. техн. наук; Резцов В.Ф., чл.-кор. НАН України; Решетюк В.М., канд. техн. наук; Савченко П.І., д-р техн. наук; Хоховські А.; Червінський Л.С., д-р техн. наук; Черемісін М.М., канд. техн. наук; Шворов С.А., д-р техн. наук.

Відповідальний секретар: Волошин С.М., кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: Усенко С.М.

Адреса редакції: Національний університет біоресурсів і природокористування України
ІНІ енергетики і автоматики
вул. Героїв Оборони, 12, Київ, Україна, 03040
Тел.: (044) 527-85-80

УДК 628.16.087+631.171:636.5

**ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-
АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ
ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД АГРОПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ З МЕТОЮ
ПОБУДОВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ**

В.М. Штепа, кандидат технічних наук

У статті розглянуто сучасні типові методи очистки стічних вод агропромислових об'єктів із використанням електротехнічних комплексів; проаналізовані їх недоліки у контексті довготривалого застосування на виробничих об'єктах; запропоновані узагальнені алгоритм створення та структуру системи управління; розроблені алгоритм експериментально-аналітичних досліджень електротехнічних комплексів із подальшим синтезом енергоефективної нейромережевої системи управління.

Стічні води, водоочистка, енергоефективність, об'єкт управління, нейронна мережа, екологічна безпека.

Згідно із щорічними даними “Національних доповідей про стан навколишнього середовища в Україні” Міністерства охорони навколишнього природного середовища, щорічно неочищеними скидаються у поверхневі водойми близько 3 млрд. куб. метрів води. Тим часом частка агропромислового комплексу (АПК) у водоспоживанні поряд із електроенергетикою та житлово-комунальним сектором є однією з найвагоміших і становить близько 20-25%.

Структура забруднювання: промисловість – 65%, агропромисловий комплекс – 16-20%, комунальне – 18-20%. У 2010 році у водні об'єкти надійшло 460 тон нафтопродуктів, 840 тисяч тон сульфідів, 760 тисяч тон хлоридів, 58 тисяч тон нітратів. Найнебезпечніші забруднювачі – нафтопродукти, солі важких металів, феноли і біогенні речовини, останні двоє є

актуальними для стічних вод агропромислових підприємств. Потужними водоспоживачами в АПК є: свинокомплекси, птахівничі комплекси, переробні підприємства – ними скидаються близько 40-50% отриманої води залежно від технології виробництва та регіону. У більшості випадків скиди таких підприємств не проходять навіть елементарної очистки, при тому, що більшість із них потрапляють у водойми рибогосподарського призначення. Саме тому очистка стічних вод агропромислових об'єктів є обов'язковою.

Очевидно, що такий процес потребує використання електротехнологій, тобто мають місце значні енергозатрати [1], відповідно, обов'язковим є передбачення заходів та засобів щодо підвищення енергоефективності, у тому числі із застосуванням сучасних підходів автоматизованого управління.

Мета досліджень – обґрунтувати методику експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з подальшим синтезом енергоефективних систем управління.

Матеріали і методика досліджень. Як відомо існує ряд типових методів водоочистки [1]:

1. Механічне очищення стічних вод – за допомогою механічних методів очищення можна видалити із стічних вод нерозчинені мінеральні та органічні сполуки, суттєво знизивши їх концентрацію (залежно від виду стоків вдається «затримати» 65-95% нерозчинних забруднень). Механічні методи очищення стічних вод: фільтрація, відстоювання, гідроциклонування тощо. Недоліки таких підходів – слабкий вплив на відхилення показників якості води, які викликані розчинними забруднювачами (корегування рН, зміна сольового складу) та наявність елементів, які забиваються і потребують відновлення властивостей (фільтри).

2. Фізико-хімічні методи очищення – інтенсивніші та ефективніше, ніж механічні, і використовуються для видалення тонкодисперсних, розчинених неорганічних і органічних речовин. Найбільш поширені сучасні методи очищення стічних вод, що відносяться до даної категорії: електрокоагуляція, електроліз, окислення, флокуляція, іонообмінний метод, коагуляція, сорбція.

Висока ефективність – безперечну перевагу фізико-хімічних методів. Проте у таких підходів існують і недоліки: наприклад, великі енерговитрати (електроліз), висока вартість (флокуляція, сорбція) тощо.

3. Хімічні методи очищення стічних вод – суть хімічних методів: у стічні води додаються реагенти, які вступають у реакцію з різними видами забруднень утворюючи осад. До недоліків такого очищення можна віднести: висока вартість реагентів, погіршення якості очищеної води (вторинне забруднення) та накопичення небезпечних продуктів реакцій забруднювачів та реагентів.

4. Біологічне очищення стічних вод – очищення води при використанні біологічного методу відбувається за рахунок бактерій, що здійснюють біологічне окислення. Такі методи є ефективним для видалення органічних забруднювачів, однак, для підвищення їх інтенсивності потрібні значні енергозатрати при відносно низькому впливові на неорганічні забруднювачі.

Очевидно, що для очищення стічних вод реальних агропромислових об'єктів (свинокомплекси, птахофабрики, ферми) комплексно та одночасно застосовуються ряд методів водоочистки, оскільки виробництва, у переважній більшості випадків, забруднюють воду різними органічними та неорганічними відходами.

Наприклад, дослідження “Вимірювальної лабораторії якості поверхневих, підземних та стічних вод і об'єктів сільськогосподарського виробництва” Національного університету біоресурсів і природокористування України на базі ЗАТ «Комплекс Агромарс» показали, що у створі скиду стічних вод відбувається значне погіршення показників складу річкової води, особливо вмісту завислих частинок (перевищення норм у 24,4 раза) [2].

Також суттєво зростає окисність – як результат перевищень нормованого вмісту органічних речовин. Проби, відібрані після очисних споруд підприємства ЗАТ “Комплекс Агромарс”, які включають біологічну очистку стічних вод у аеротенках подовженої аерації, свідчать про неефективність їхньої роботи за такими параметрами, як завислі частинки та органічні речовини (параметр якості води – каламутність) [2].

Отже, як показує практика, узагальнені функціональні недоліки всіх методів водоочистки [3]:

- висока вартість очистки 1 м³ води (при умові отримання відповідної якості);
- наявність великих об'ємів небезпечних продуктів очистки (реагент + забруднювач), які самі необхідно утилізувати;
- нездатність протидіяти залповим викидам забруднювачів;
- відсутність роботи у режимі реального часу (постійна затримка між появою забруднювача та технологічною реакцією системи).

Наприклад, значення Coli-index води (критерій санітарно-гігієнічної якості води – наявності небезпечних концентрацій вірусів, мікробів, бактерій) визначають мінімум через 24 години з моменту відбору проби. Тобто на підприємство 24 години надходять небезпечні забруднювачі, а навіть найсучасніші очисні системи на це жодним чином не реагують.

При цьому, навіть враховуючи відносну відпрацьованість технологій існують фактори, які спричиняють негативний результат роботи систем автоматизованого управління (САУ) комплексними методами водоочистки на виробництві: відсутність повноти інформації щодо конкретного комплексного процесу водопідготовки, складність (неможливість) його адекватного дослідження навіть у лабораторних умовах; багатофакторність біо-фізико-хімічних характеристик процесу, що може спричинити утворення нових невідомих забруднювачів; відсутність або низькі точність та швидкодія сучасних засобів автоматичних вимірювань у режимі реального часу складу води (існують датчики для вимірювання лише температури, тиску, каламутності, витрат, рН, ОВП, БПК, ХПК, вмісту хлору, іонного складу), нелінійність показників кількості та якості стоків [4, 5].

Очевидно, що тільки вимоги до якості води залишаються сталими – нормативно-технологічні документи. Інші блоки інформації у процесі функціонування САУ можуть кардинально неконтрольовано змінювати не

лише свої значення, а навіть структуру. Як результат – технологічна невідповідність роботи.

Саме тому розглядати САУ, як єдиний (остаточний) засіб узгодження роботи різних електротехнічних установок та підвищення їхньої енергоефективності – докорінно невірно. При цьому її синтез повинен розпочинатись уже на етапі передпроектування, де необхідно враховувати (рис. 1):

1. Здатність відомих методів очистки на якісну зміну концентрацій забруднювачів у стічних водах – на основі аналізів якості стоків та режимів роботи підприємства;

2. Енергоефективність таких процесів – при умові дотримання екологічної безпеки;

3. Можливість, з врахуванням описаних складностей побудови відповідних систем управління, створення ефективною автоматичної системи, оскільки обов'язковим є усунення "людського фактору", який є одним із головних чинників недотримання режимів роботи обладнання.

На даний час технічне завдання на систему управління видається без врахування часових експлуатаційних особливостей підприємства та принципової здатності ефективного узгодження різних методів водоочистки – розробники відштовхуються лише від типових проектних рішень, як правило, ведучи розрахунок окремо для кожного методу видалення забруднювачів, та, відповідно, ставлять інженерів-автоматників перед фактом необхідності синтезу багатопараметричної САУ без об'єктної адаптації та оцінки потенційного ступеня автоматизації, але із жорсткими вимогами щодо якості води та мінімізації енергозатрат. Як результат – системи управління не здатні протягом довготривалого терміну забезпечувати не лише оптимальність процесів, а і їх ефективність.

Провівши початковий синтез САУ на етапі передпроектування (рис. 1), у архітектуру системи необхідно інтегрувати відповідний інтелектуальний блок (рис. 2).

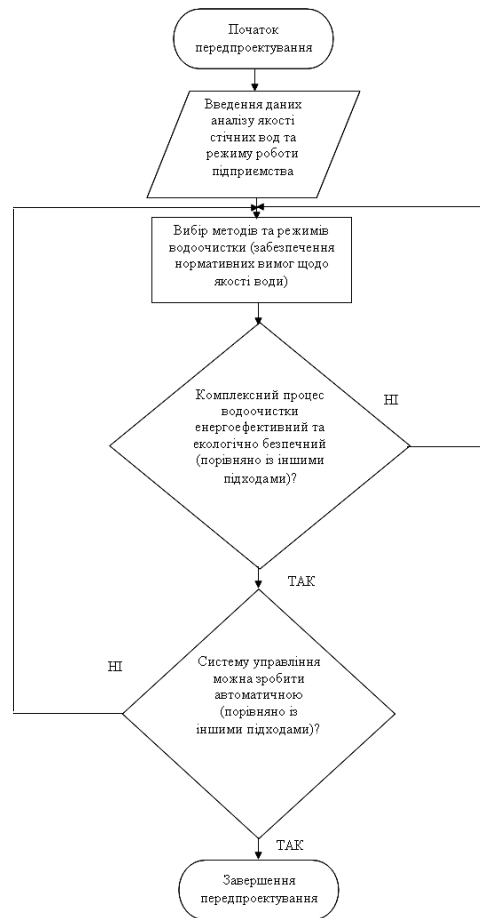


Рис. 1. Блок-схема алгоритму початкового етапу синтезу САУ

комплексними методами очистки стічних вод промислових об’єктів

Завдання такого блоку: отримання із наявних сприймаючих елементів, які здатні працювати у режимі реального часу, інформацію щодо: якості стічної води, стану параметрів навколишнього природного середовища (опаді, температура тощо), протікання технологічного процесу, що дає з можливості превентивно реагувати на негативні зміни: викиди забруднювачів, збільшення об’ємів тощо; створення та постійне поновлення бази знань водоочистки конкретного виробництва; розрахунок енергоефективних та екологічно безпечних значень керуючих впливів, постійні “донавчання” та самоорганізація математичного апарату, наприклад на основі нейронних мереж [4]; передавання на локальні системи управління електротехнічним обладнанням

енергоефективних та екологічно безпечних значень керуючих впливів: густина струму, об'єм кисню, доза реагенту тощо.



Рис. 2. Архітектура системи управління комплексними методами водоочистки стічними водами промисловими об'єктами (з інтелектуальним модулем)

Однак, як відомо, для побудови інтелектуального блоку на основі нейронних мереж необхідні набори експериментальних даних [5]. Завдання ускладнюється (унеможлиблюється) тим, що енергоефективні режими електротехнічних установок із використанням різних методів впливу на водні розчини, які відповідають реальним об'єктам, експериментально встановити фактично не можливо – висока вартість і вимоги до якості та обладнання експериментів.

Наприклад, приймемо, що стічні води свиногокомплексу не відповідають нормативним вимогам стосовно (ситуація має місце на багатьох підприємств такого типу): органічних решток (перевищення БПК), рН, завислі частинки, нітрати. Типово, для доведення скиду до гранично-допустимих концентрацій (ГДК) можна застосувати: біологічну очистку, електрокоагуляцію, електрокорекцію рН, розділення продуктів коагуляції та флотації (рис. 3) [1].

Кожен із наведених водоочисних агрегатів (рис. 3) базується на використанні електротехнологій, при чому їх окреме застосування забезпечить доведення до нормативних вимог лише один (ряд) показників якості. Тобто

необхідною є сумісна робота таких елементів (табл.), отже вони утворюють один електротехнічний комплекс.



Рис. 3. Структура електротехнічного комплексу очистки стічних свиногокомплексу (укрупнено)

Функціональні параметри водоочисного електротехнічного комплексу

Як бачимо, кожен метод впливає на певний перелік забруднювачів, створюючи перехресні області застосування із різними технологічними ефективностями, також діють нестационарні збурюючі впливи викликані природними та технологічними чинниками: коливання витрат, якості води на вході, температури тощо. Відповідно, фактично неможливо побудувати класичні математичні моделі не тільки комплексу в цілому, а і окремих установок (багатофакторність, нелінійність, непередбачуваність протікання реакцій), для встановлення енергоефективних режимів роботи електротехнічного комплексу пропонується застосувати наступну експериментально-аналітичну методику (рис. 4):

Крок 1. Проведення окремо на кожній установці (аеротенк, електрокоагулятор (рН-коректор), фільтр-розділювач), згідно черговості виробничого застосування, експериментальних досліджень стосовно доведення

до вимог тих параметрів якості води, на які конкретне обладнання має найбільший вплив:

– аеротенк (задача – нормування БПК): керуючий вплив – об'єм кисню; параметри, які експериментально змінюються (встановлюються) у виробничих межах та реєструються після аеротенка – БПК, рН, концентрація нітратів, концентрація завислих частинок, витрат води, температури.

– електрокоагулятор (рН-коректор) (задача – електровиділення реагенту та зміна концентрацій іонів (носіїв заряду): керуючий вплив – сила струму; параметри, які експериментально відповідно змінюються у межах отриманих після аеротенка та реєструються після електрокоагулятора – БПК, рН, концентрація нітратів, концентрація завислих частинок, витрат води, температури.

– фільтр-розділювач (задача – вилучення з потоку стічних вод продуктів реакцій): керуючий вплив – витрати; параметри, які експериментально відповідно змінюються у межах отриманих після фільтра та реєструються після електрокоагулятора – БПК, рН, концентрація нітратів, концентрація завислих частинок, витрат води, температури.

Крок 2. Синтез та оптимізація окремих математичних моделей електротехнологічних процесів у вигляді нейронних мереж: аеротенк, електрокоагулятор (рН-коректор), фільтр-розділювач.

Крок 3. Створення на основі оптимізаційних методів (генетичний алгоритм) та 3-х попередньо синтезованих математичних моделей енергоефективних наборів даних, які відображатимуть якість води лише на вході в аеротенк та на виході з фільтра, згідно відповідного критерію енергоефективності:

$$EF_y = \frac{\left[\left(\frac{L1_{вих} - L1_{зад}}{L1_{зад}} \cdot 100\% \right) + \dots + \left(\frac{LN_{вих} - LN_{зад}}{LN_{зад}} \cdot 100\% \right) \right] \cdot \sum_{i=1}^N Q_i}{\sum_{i=1}^N W_i}, \% / \text{кВт}. \quad (1)$$

де: $L_{вих}$ – фактичне значення відповідного параметра оцінки якості водопідготовки; $L_{зад}$ – задане (нормативне) значення відповідного параметра оцінки якості водопідготовки; Q – час роботи обладнання, год; W – електроенергія, що затрачена на водоочистку, кВт·год; N – кількість параметрів оцінки якості водопідготовки (як правило, відповідають кількості установок, які діють на воду).

Крок 4. Синтез енергоефективної та екологічно безпечної нейромережевої системи управління електротехнічним комплексом очистки стічних вод свинокомплексом.

Висновок

Обґрунтований та розроблений алгоритм експериментально-аналітичних досліджень режимів роботи електротехнічних установок очистки стічних вод агропромислових об'єктів дозволить синтезувати відповідні енергоефективні системи управління, з можливістю врахування багатфакторності, нелінійності, непередбачуваності протікання фізико-хіміко-біологічних реакцій.

Список літератури

1. Запольський А.К. Фізико-хімічні технології очищення стічних вод / А.К. Запольський. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
2. Копілевич В.А. Оцінка екологічної безпеки скидів води при виробництві продукції птахівництва / В.А. Копілевич, Л.В. Войтенко, Н.М. Прокопчук. // Науковий вісник Національного аграрного університету- К.: 2003. – С. 19-23.
3. Мазоренко Д.І. Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва / Д.І. Мазоренко, В.Г. Цапко, Ф.І. Гончаров. – К.: Знання, 2006. – 376 с.
4. Штепа В.Н. Очистка растворов от дисперсных примесей методом электрокоагуляции. 1. Электрохимическое получение коагулянта / В.Н. Штепа, М.И. Донченко, О.Г. Срибна // Вісник Національного технічного університету "ХПІ" – Харків: НТУ "ХПІ": – 2007. – № 9. – С. 86-95.

5. Лисенко В.П. Порівняння моделей процесу електрохімічної очистки стічних вод птахофабрики, отриманих методами математичної статистики та ANFIS / В.П. Лисенко, В.М. Штепа // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації – Луганськ: МАІ – 2007. – № 1 (14). – С. 37 – 40.

6. Штепа В.М. Обґрунтування та розробка критерію енергоефективності функціонування електротехнологічних систем водопідготовки / В.М. Штепа, Ф.І. Гончаров, М.А. Сироватка // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – К.: НУБіПУ. – 2011. – Вип. 161. – С. 187 – 193.

В статье рассмотрены современные типовые методы очистки сточных вод агропромышленных объектов с использованием электротехнических комплексов; проанализированы их недостатки в контексте длительного применения на производственных объектах; предложены обобщенный алгоритм создания и структуру системы управления; разработан алгоритм экспериментально-аналитических исследований электротехнических комплексов с последующим синтезом энергоэффективной нейросетевой системы управления.

Сточные воды, водоочистка, энергоэффективность, объект управления, нейронная сеть, экологическая безопасность.

The article considers the current typical methods of wastewater treatment facilities using agro electrical systems; analyzed their shortcomings in the context of long-term use at production facilities; the generalized algorithm for the creation and management structure; algorithm experimental and analytical studies of electrical systems, followed by a synthesis of energy efficient neural network control system.

Sewage, water treatment, energy efficiency, facility management, neural network, environmental safety.

ЗМІСТ

Ю.М. Куценко

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ТА МАГНІТНОЇ СИСТЕМ
СТИМУЛЯЦІЇ РОЗВИТКУ РОСЛИН В ТЕПЛИЦЯХ

3

І.П. Назаренко

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ
ЕЛЕКТРИЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ТА СЕПАРАЦІЇ СЛАБОПРОВІДНИХ
СУСПЕНЗІЙ

12

О.О. Опришко, Ю.Л. Цицюрський, І.С. Зубков

СПОСІБ ВИДАЛЕННЯ СНІГУ З ПОВЕРХНІ ОПТИЧНО ПРОЗОРИХ
ДАХІВ ТЕПЛИЦЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ

18

С.М. Осінов

ДО ПИТАННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ БІОТЕХНІЧНИХ
СИСТЕМ

23

А.В. Петренко, А.М. Скрипник, Р.І. Абрамчук, С.І. Горбачевський

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ПЕРЕТВОРЕННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ

35

В.Ю. Рамш

ВПЛИВ ЧАСТОТИ СТРУМУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ
ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛОЧНИХ СЕПАРАТОРІВ

42

Ю.В. Шатохіна, О.В. Ковальов

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ СТІЧНОЇ ВОДИ
ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ХСК І ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН

50

В.М. Штена

ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-
АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ
ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД АГРОПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ З МЕТОЮ
ПОБУДОВИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

61